



① BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑬ DE 100 53 959 A 1

⑭ Int. Cl. 7:
G 01 S 5/06

DE 100 53 959 A 1

⑮ Aktenzeichen: 100 53 959.9
⑯ Anmeldetag: 31. 10. 2000
⑰ Offenlegungstag: 13. 6. 2002

⑮ Anmelder:
Abatec-Electronic AG, Regau, AT
⑯ Vertreter:
Samson & Partner, Patentanwälte, 80538 München

⑮ Erfinder:
Niederndorfer, Friedrich, Dipl.-Ing., Schorfling, AT

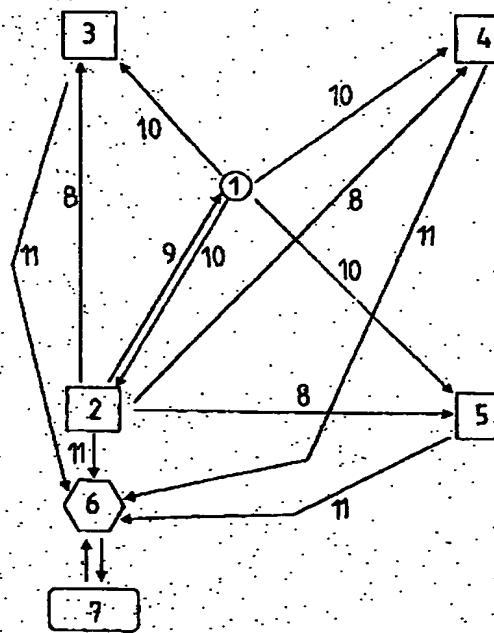
⑯ Entgegenhaltungen:

DE-PS 12 54 206
DE-PS 12 40 148
DE 196 47 098 A1
DE 26 31 685 A1
US 52 16 429
US 51 68 694
US 42 76 552
US 38 64 681
US 35 18 674
EP 04 70 272 B1

Die folgenden Angeben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Positionsbestimmungsverfahren und -vorrichtung

⑮ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bestimmen der Position eines Objektes (1), bei welchem von dem Objekt (1) ein Zeitstoppssignal (10) an wenigstens zwei räumlich voneinander beabstandete Empfangsstationen (2-5) gesendet wird, bei jeder Empfangsstation (2-5) ein Zeitmeßsignal erzeugt wird, wobei die Zeitmeßsignale untereinander synchronisiert werden, bei jeder Empfangsstation (2-5) bei Empfang des Zeitstoppssignals (10) aus dem Zeitmeßsignal eine Ankunftszeit für das Zeitstoppssignal (10) bestimmt wird, und schließlich aus den Positionen der Empfangsstationen (2-5) und den Ankunftszeiten die Position des Objektes (1) bestimmt wird.



DE 100 53 959 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen der Position eines Objektes.

[0002] So ist es bei vielen Anwendungen wünschenswert, die Position eines Objektes möglichst genau bestimmen zu können. Beispielsweise können im Sportbereich zwecks Analyse weitere aufschlussreiche Daten aus dem zeitlichen Spielverlauf der Positionen von Sportlern gezogen werden. Im Motorsport können über exakte Messungen der Fahrzeugpositionen im zeitlichen Verlauf die Beschleunigung, Geschwindigkeit, das Bremsverhalten, etc. abgeleitet werden. Im Skisport ist weiterhin beispielsweise ein unmittelbarer Vergleich zweier aufeinanderfolgender Läufer möglich, wenn zu einem bestimmten Zeitpunkt die exakte Position angegeben wird. Ganz allgemein können im Mannschaftssport aus den Positionsbestimmungen für jeden Spieler weitere Spielanalysen für die Vorbereitung auf zukünftige Spiele abgeleitet werden. Dies gilt ebenfalls für die Aufgabe der Schiedsrichter, der Jury und sonstiger Unparteiischer, die aus den exakten Positionsdaten genauere und fairere Entscheidungen treffen können.

[0003] Darüber hinaus gibt es aber auch ein weites Anwendungsfeld beispielsweise bei der Feuerbekämpfung, bei der jeder Feuerwehrmann genau lokalisiert und bei gefährlichen Situationen unmittelbar gewarnt oder gerettet werden kann. Ähnliches gilt auch für Überwachungsdienste, Sicherheitservices, etc.

[0004] Jedoch auch bei der Produktfertigung hat die Positionsbestimmung einen großen Anwendungsbereich, indem nämlich der Produktionsprozeß überwacht und verfolgt werden kann. Dabei kann beispielsweise jede Bewegung eines Roboters so überwacht werden, daß Fehlbewegungen unmittelbar erfaßt werden können. Als letztes Beispiel dieser nicht abschließenden Aufzählung sei auf das Transportwesen verwiesen, bei dem die Positionen der Transportfahrzeuge überwacht werden können.

[0005] Es sind bereits mehrere Verfahren und Vorrichtungen zur Positionsbestimmung bekannt. So wird bei der DE 32 06 004 A1 die Position des Objektes mittels einer Radar-Richtantenne ermittelt, die aus der Laufzeit des Radarsignals die Entfernung berechnet. Hierzu wird von einer Referenzstation ein Radarsignal an das Objekt gesendet, von dem dortigen Empfänger empfangen und von einem zugehörigen Sender wieder zurückgestrahlt und schließlich bei der Referenzstation erneut empfangen. Die Laufzeit des Signals entspricht somit im wesentlichen der doppelten Entfernung zwischen Referenzstation und Objekt. Zusätzlich ist eine optische Winkelmeßeinrichtung vorgesehen, mit der die Winkellage des Objektes bezüglich der Referenzstation erfaßt werden kann.

[0006] Das obige Beispiel aus dem Stand der Technik steht stellvertretend für eine Vielzahl ähnlicher Meßverfahren, bei denen von einer festen Station ein Signal zu dem beweglichen Objekt gesendet, von diesem zu der festen Station zurückgesendet und anschließend aus der Laufzeit des Signals die Entfernung des Objektes zu der Station bestimmt wird. Anstelle des obigen Winkelgebers werden gelegentlich auch mehrere Stationen eingesetzt, bei denen die Entfernung zum beweglichen Objekt über das gleiche Verfahren bestimmt wird. Aus den Schnittpunkten der sich dabei ergebenden Kugeloberflächen läßt sich bei Verwendung von wenigstens drei Stationen die Position eines Objektes im Raum bestimmen.

[0007] Nachteilig bei all diesen Verfahren ist, daß das Meßsignal die Strecke zwischen Referenzstation und Objekt zweimal zurücklegen muß und die Antwortzeit der Elektronik bei dem Objekt, d. h. das Zurücksenden des Signals nach

Empfang des Signals, eine stabile Konstante für alle Referenzstationen darstellen muß, damit die Position möglichst genau bestimmt werden kann.

[0008] Es ist Aufgabe der Erfindung, die bekannten Positionsstimmungsverfahren und Vorrichtungen dahingehend weiterzuentwickeln, daß eine genauere und stabilere Positionsbestimmung möglich ist.

[0009] Die Erfindung erreicht dieses Ziel jeweils mit den Gegenständen der Ansprüche 1 und 25. Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0010] Danach ist ein Verfahren zum Bestimmen der Position eines Objektes geschaffen, bei welchem von dem Objekt ein Zeitstoppignal an wenigstens zwei, räumlich voneinander beabstandete Empfangsstationen gesendet wird, bei jeder Empfangsstation ein Zeitmeßsignal erzeugt wird, wobei die Zeitmeßsignale untereinander synchronisiert werden, bei jeder Empfangsstation bei Empfang des Zeitstoppsignals aus dem Zeitmeßsignal eine Ankunftszeit für das empfangene Signal bestimmt wird, und aus den Positionen der Empfangsstationen und den Ankunftszeiten die Position des Objektes bestimmt wird. Vorteilhaft an diesem Verfahren ist, daß von den Empfangsstationen keine zeitkritischen (oder laufzeitrelevante) Signale an das Objekt gesendet werden müssen, wie beim Stand der Technik, und das Objekt erst in Antwort auf den Empfang dieses Signals das Zeitstoppignal aussendet. Damit wird gegenüber dem bekannten Stand der Technik vor allem der Unsicherheitsfaktor beseitigt, wie lange die bei dem Objekt befindliche Schaltung

zum Empfang und anschließenden Wiederaussenden des Signals für diesen Vorgang benötigt. Die von der Schaltung hervorgerufene Zeitverzögerung ist nämlich bei der Positionsbestimmung essentiell, d. h., sie muß nachträglich kompensiert werden. Bei der Erfindung wird die Position des Objektes lediglich aus den unterschiedlichen Ankunftszeiten und den Positionen der Empfangsstationen bestimmt. Es schließt somit beispielsweise keine Startzeit mehr in die Berechnung mit ein, zu der ein Signal von der Empfangsstation an das Objekt gesendet wird. Die Zeitmeßsignale bei den

Empfangsstationen können beispielsweise über einen hochgenauen Zeitgeber (Atomuhr, etc.) erzeugt werden, die untereinander über ein periodisch empfangenes Synchronisationsignal synchronisiert werden. Dabei ist nicht erforderlich, daß die einzelnen Zeitgeber zu jedem Zeitpunkt die gleiche Zeit anzeigen, es muß jedoch der Zeitversatz zwischen den einzelnen Zeitgebern bekannt sein. Bei dem Zeitstoppignal handelt es sich vorzugsweise um ein Hochfrequenzsignal, das sich im freien Raum im wesentlichen in alle Richtungen gleichmäßig und gleich schnell ausbreitet.

[0011] Bevorzugt werden für die Bestimmung der Position eines Objektes auf einer eindimensionalen Kurve wenigstens zwei Empfangsstationen verwendet und für jede weitere Dimension wenigstens eine weitere von den anderen Empfangsstationen beabstandete Empfangsstation. Soll die Position eines Objektes beispielsweise nur auf einer Kurve (eindimensionale Messung) bestimmt werden, so genügt es, zwei Empfangsstationen zu verwenden und die Position des Objektes aus den beiden Ankunftszeiten des Zeitstoppsignals bei den beiden Empfangsstationen abzuleiten. Für jede weitere Dimension der Positionsbestimmung ist eine weitere Empfangsstation erforderlich. Die Position des Objektes auf einer allgemeinen Raumfläche kann durch mindestens drei Empfangsstationen bestimmt werden (zweidimensionale Messung), während für die Positionsbestimmung im Raum mindestens drei Empfangsstationen benötigt werden, die nicht in einer Ebene liegen dürfen.

[0012] Bevorzugt wird die Position des Objektes aus den paarweisen Differenzen von jeweils zwei Ankunftszeiten zweier Empfangsstationen bestimmt. Bei der Positionsbestimmung wird also lediglich die Differenz der Ankunftszeit bei je zwei Empfangsstationen berücksichtigt. Bei drei Empfangsstationen für die Bestimmung der Position eines Objektes auf einer allgemeinen Raumfläche können somit drei paarweise Differenzen von jeweils zwei Ankunftszeiten bestimmt werden.

[0013] Bevorzugt wird für eine Bestimmung der Position eines Objektes in einer Ebene, in der auch die Empfangsstationen liegen, oder auf einer gekrümmten Raumkurve, die in einer Ebene mit den Empfangsstationen liegt, die Position aus den Schnittpunkten von Hyperbeln bestimmt, wobei jeweils eine Hyperbel zwei Empfangsstationen zugeordnet ist, die derart ausgerichtet und angeordnet ist, daß von jedem Punkt auf der Hyperbel die Differenz der beiden Entfernungen jeweils von dem Punkt zu den beiden zugeordneten Empfangsstationen immer gleich der paarweisen Differenz der beiden Ankunftszeiten bei den beiden Empfangsstationen entspricht. Dies stellt vorteilhaft ein einfach zu lösendes mathematisches Gleichungssystem von Hyperbelschnittpunkten dar. Für eine dreidimensionale Positionsbestimmung oder eine Bestimmung der Position auf einer allgemeinen Raumfläche wird die Position bevorzugt aus den Schnittpunkten von Hyperboloiden bestimmt, wobei jeweils ein Hyperboloid zwei Empfangsstationen zugeordnet ist, der derart ausgerichtet und angeordnet ist, daß von einem Punkt auf der Hyperboloiden die Differenz der beiden Entfernungen jeweils zu den beiden zugeordneten Empfangsstationen immer gleich der paarweisen Differenz der beiden Ankunftszeiten bei den beiden Empfangsstationen entspricht. Die Positionsbestimmung mittels Rotationshyperbeln betrifft also lediglich den speziellen Fall, daß das Objekt und die Empfangsstationen in einer Ebene liegen, während für den allgemeineren Fall Rotationshyperbole verwendet werden.

[0014] Zusätzlich werden bevorzugt zu der mindestens erforderlichen Anzahl an Empfangsstationen weitere Empfangsstationen verwendet, die so zueinander angeordnet sind, daß bei Abschattungen in den Übertragungswegen von dem Objekt zu einzelnen Empfangsstationen immer wenigstens die mindestens erforderliche Anzahl an empfangsfähigen Empfangsstationen vorliegt. Bei einem fest vorgegebenen flächigen Terrain ist es beispielsweise, nicht immer möglich, drei Empfangsstationen so anzuordnen, daß von jedem Punkt auf dem Terrain das Zeitstoppignal ungehindert zu jeder Empfangsstation übertragen werden kann. Häufig befinden sich Gebäude oder sonstige Gegenstände in den Übertragungswegen, welche die Positionsbestimmung zunichte machen können. Insofern kann von vornherein eine größere Anzahl an Empfangsstationen vorgesehen werden, so daß von jedem Punkt auf dem Terrain immer an wenigstens drei Empfangsstationen ungehindert gesendet werden kann.

[0015] Besonders bevorzugt werden weitere Empfangsstationen verwendet und die Position aus allen Ankunftszeiten mittels statistischer Auswertungen bestimmt. Bei einer höheren Anzahl als der mindestens erforderlichen Anzahl an Empfangsstationen kann die Genauigkeit der Positionsbestimmung über statistische Auswertungen der erhaltenen Daten vorteilhaft verbessert werden. Solche statistischen Auswertungen können beispielsweise Mittelwertbildungen, Varianzberechnungen und Verwerfen von außerhalb des Varianzbereiches liegender Meßdaten, etc. umfassen.

[0016] Bevorzugt werden bei der statistischen Auswertung über Plausibilitätstests ausgewählte Ankunftszeiten bei der Positionsbestimmung verworfen. Vorteilhaft können die

Ankunftszeiten vorab darauf untersucht werden, ob sie realistisch zu erwartenden Ankunftszeiten entsprechen. Ankunftszeiten, die beispielsweise sehr viel später als die Mehrheit liegen, können vorab verworfen werden und tragen somit nicht zur Positionsbestimmung bei.

[0017] Bevorzugt können die Empfangsstationen in ihrer Position verfahren werden, um beispielsweise die Position eines Objektes besser verfolgen zu können. Die Position der Empfangsstation kann so beispielsweise abhängig von der bestimmen Position des Objektes geändert werden.

[0018] Besonders bevorzugt werden die Positionen der verfahrbaren Empfangsstationen über ein Satelliten-Positionierungssystem, wie GPS bestimmt. So bietet sich die GPS-Positionsbestimmung der verfahrbaren Empfangsstationen insbesondere dann an, wenn die GPS-Genauigkeit durch Korrekturdaten erhöht wird (wenn sich beispielsweise eine GPS-Referenzstation im System befindet und die Bewegung der verfahrbaren Empfangsstationen sehr langsam ist). Alternativ könnte die Position der verfahrbaren Empfangsstationen auch mittels des erfahrungsgemäßen Verfahrens bestimmt werden, indem die verfahrbare Empfangsstation ebenfalls mit den entsprechenden technischen Mitteln wie das in der Position zu bestimmende Objekt ausgestattet wird.

[0019] Bevorzugt wird den Empfangsstationen vor jeder Positionsbestimmung ein Synchronisationssignal zum Synchronisieren der Zeitmeßsignale übertragen. Dieses Synchronisationssignal kann beispielsweise über Funk, über Kabel oder Licht übertragen werden. Bevorzugt starten die Empfangsstationen bei Empfang des Synchronisationssignals einen Zeitzähler zum Erzeugen des Zeitmeßsignals. Bei der erforderlichen hohen Genauigkeit in der Bestimmung der Ankunftszeit wird mit dieser Maßnahme vorteilhaft sichergestellt, daß die Zeitzähler bei den einzelnen Empfangsstationen nicht zu stark auseinanderlaufen, da zwischen Ankunft des Synchronisationssignals und des anschließenden Zeitstoppsignals lediglich eine kurze Zeit verstreicht.

[0020] Bevorzugt wird dem Objekt ein Auslösesignal zum Auslösen des Sendens des Zeitstoppsignals übertragen. Ganz besonders bevorzugt wird das Synchronisationssignal eine bestimmte Zeit vor dem Auslösesignal übertragen. Hiermit wird vorteilhaft sichergestellt, daß – wie oben ausgeführt – die Zeitzähler zwar lediglich eine kurze Zeit lang zählen und somit nicht zu stark auseinanderlaufen können, aber dennoch gewährleistet wird, daß das Synchronisationsignal bei jeder Empfangsstation vor dem Zeitstoppignal eintrifft. Selbstverständlich können das Auslösesignal und das Zeitstoppignal aber auch gleichzeitig gesendet werden (wenn beispielsweise zu ihrer Übertragung zwei unterschiedliche Kanäle zur Verfügung stehen).

[0021] Bevorzugt wird das Zeitstoppignal von dem Objekt innerhalb eines definierten Zeitfensters nach Empfang des Auslösesignals gesendet. Diese Maßnahme trägt noch einmal zur Genauigkeitsverbesserung bei (vgl. oben) und gestattet außerdem, bei den Plausibilitätstests zum Verwerfen ausgewählter Ankunftszeiten diejenigen Ankunftszeiten auszuwählen, welche gestört oder sonstwie verfälscht sind. Bevorzugt wird das Synchronisationssignal und/oder das Auslösesignal von einer der Empfangsstationen übertragen.

Alternativ können die beiden Signale auch von einer separaten Steuerungsstation übertragen werden, die räumlich günstig positioniert ist. Die Position dieser separaten Steuerungsstation kann so gewählt sein, daß insbesondere bei Übertragung des Synchronisationssignals über Funk jede Empfangsstation ungehindert erreicht werden kann. Als noch weitere Alternative wird das Synchronisationssignal bevorzugt von einem Objekt nach Empfang eines entspre-

chenden Auslösesignals übertragen, dessen Position zuvor bestimmt wurde. Insbesondere bei mehreren Objekten kann eines dieser Objekte, dessen Position bekannt ist, das Synchronisationssignal übertragen. Vorteilhaft werden bei der Positionsbestimmung bevorzugt unterschiedliche Laufzeiten des Synchronisationssignals zu den einzelnen Empfangsstationen berücksichtigt.

[0022] Zum Erhöhen der Genauigkeit der Positionsbestimmung umfaßt das Zeitstoppignal bevorzugt ein Impulsgruppe mit schärfer Impulsantwort oder ein Signal mit charakteristischen Eigenschaften. So gilt es, bei dem eintreffenden Signal einen zeitlich genau definierten Punkt festzulegen, an dem die Zeitzähler bei den Empfangsstationen gestoppt werden und die Ankunftszeit ausgegeben wird. Ideal wäre also ein eingehendes Signal mit einer unendlich steilen Flanke, was sich bei Hochfrequenzsignalen in der Realität aufgrund der begrenzten zur Verfügung stehenden Übertragungsbänder jedoch nur schwer verwirklichen läßt. Hier hat jedoch die Verwendung von Lichtimpulsen als Zeitstoppignal Vorteile, da genügend Bandbreite für eine relativ steile Flanke zur Verfügung steht.

[0023] Bevorzugt umfaßt das Auslösesignal einen Code, mit dem ein bestimmtes Objekt unter mehreren Objekten zum Senden des Zeitstoppsignals ausgewählt wird, dessen Position anschließend bestimmt werden soll. Das erfundungsgemäße Positionsbestimmungsverfahren eignet sich auch zum Bestimmen der Position mehrerer Objekte über die gleichen Empfangsstationen, wobei die Positionen der einzelnen Objekte entweder nacheinander bestimmt werden, indem lediglich ein bestimmtes Objekt zum Senden des Zeitstoppsignals ausgewählt wird, oder aber die Positionen mehrerer Objekte im wesentlichen gleichzeitig bestimmt werden, indem alle Objekte gleichzeitig unterschiedliche Zeitstoppsignale senden, die von den Empfangsstationen wiederum den einzelnen Objekten zugeordnet werden können. Der Empfang dieser mehreren Zeitstoppsignale bei den Empfangsstationen kann dabei im Multiplexverfahren erfolgen.

[0024] Bevorzugt werden von dem Objekt weitere Daten zu einer der Empfangsstationen und/oder der Steuerungsstation gesendet. So können beispielsweise weitere Informationen über das Objekt an eine zentrale Station zum Auswerten dieser Information übertragen werden. Abhängig von dem Objekt kann diese Information beispielsweise den Blutdruck, Hautwiderstand (Schweiß), Herzfrequenz bei Personen (Sportlern), Feldstärkesignale bei Feldstärkemessungen für den Handysport, Geschwindigkeit, Öltemperatur, usw. beim Auto-Motorsport, etc. umfassen.

[0025] Umgekehrt können dem Objekt bevorzugt weitere Daten von einer der Empfangsstationen und/oder der Steuerungsstation gesendet werden. So können beispielsweise Sportlern akustische Informationssignale, oder autonomen Geländeerforschungs-Fahrzeugen weitere Steuerungssignale übermittelt werden.

[0026] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden nunmehr anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die beigelegte Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt die einzige Figur in schematischer Ansicht eine Anordnung aus einem in der Position zu bestimmenden Objekt und der hierzu erforderlichen Empfangsstationen sowie symbolisch die unterschiedlichen zwischen Objekt und Empfangsstationen gesendeten Signale.

[0027] In der Figur sind schematisch das Objekt 1, vier Empfangsstationen 2-5, ein Masterrechner 6 sowie ein Server 7 dargestellt. Die Empfangsstationen 2-5 befinden sich bevorzugt an festen, bekannten Standorten. Sie können beispielsweise an den Eckpunkten einer "gedachten" Pyramide angeordnet sein. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel soll

sich das Objekt 1 innerhalb des von den vier Empfangsstationen 2-5 aufgestellten Vierecks bewegen können. Selbstverständlich kann sich das Objekt 1 auch außerhalb dieses Vierecks oder allgemein im Raum bewegen, solange es sich im Empfangsbereich der Empfangsstationen 2-5 befindet. Mit der speziellen Anordnung der Empfangsstationen 2-5 in den Ecken eines Vierecks läßt sich die Position des Objektes 1 in einer Ebene, also in zwei Dimensionen leicht bestimmen, auch wenn der direkte Übertragungsweg zwischen dem Objekt 1 und einer der Empfangsstationen 2-5 verdeckt sein sollte. Diese spezielle Bestimmung der Position in lediglich zwei Dimensionen ist jedoch nicht einschränkend zu verstehen.

[0028] Die Empfangsstation 2 ist als Master-Empfangsstation ausgestaltet, von der aus ein noch näher zu erläutern Auslösesignal 9 an das Objekt 1 und ein Synchronisationssignal 8 jeweils an die drei anderen Empfangsstationen 3-5 übertragen wird.

[0029] Zum Übertragen und Verarbeiten der einzelnen Signale weist die Empfangsstation 2 eine nicht gesondert dargestellte Synchronisationssignal-Sendeeinrichtung zum Übertragen des Synchronisationssignals 8 und eine, Auslösesignal-Sendeeinrichtung zum Senden des Auslösesignals 9 auf. Das Objekt 1 weist eine ebenfalls nicht gesondert dargestellte Sendeeinrichtung zum Senden des Zeitstoppsignals 10, eine nicht gesondert dargestellte Auslösesignal-Empfangseinrichtung zum Empfangen des Auslösesignals 9 und ein mit der Sendeeinrichtung und der Auslösesignal-Empfangseinrichtung gekoppeltes Auslösemittel. Die drei Empfangsstationen 3-5 weisen jeweils eine nicht gesondert dargestellte Synchronisationssignal-Empfangseinrichtung zum Empfangen des Synchronisationssignals 8 auf. Im übrigen enthalten alle vier Empfangsstationen 2-5 einen nicht gesondert dargestellten Zeitzähler zum Erzeugen eines Zeitmeßsignals, eine Empfangseinrichtung zum Empfangen des Zeitstoppsignals 10, ein mit dem Zeitzähler und der Empfangseinrichtung gekoppeltes Bestimmungsmittel zum Bestimmen der Ankunftszeit des Zeitstoppsignals 10 bei dessen Ankunft bei der jeweiligen Empfangsstation. Die Synchronisationssignal-Sendeeinrichtung bei der Empfangsstation 2 und die Synchronisationssignal-Empfangseinrichtung bei den drei Empfangsstationen 3-5 können so ausgestaltet sein, daß sie das Synchronisationssignal 8 über Funk, über Kabel, über Licht, etc. senden und empfangen können. Die Auslösesignal-Sendeeinrichtung bei der Empfangsstation 2, die Auslösesignal-Empfangseinrichtung bei dem Objekt 1 sowie die Sendeeinrichtung bei dem Objekt 1 und die Empfangseinrichtungen bei den vier Empfangsstationen 2-5 können beispielsweise auf den ISM-Bändern (ISM = Industrial Scientific & Medical) senden und auf gleicher Frequenz empfangen, beispielsweise über ein Multiplexverfahren.

[0030] Nachfolgend wird das Verfahren zur Positionsbestimmung des Objektes 1 detaillierter beschrieben. In einem ersten Schritt sendet die als Master-Referenzstation ausgebildete Empfangsstation 2 ein Synchronisationssignal 8 an die drei weiteren Empfangsstationen 3-5. Alternativ kann dieses Synchronisationssignal 8 auch von einer unabhängigen Station gesendet werden, welche beispielsweise keine Empfangseinrichtung zum Empfangen des Zeitstoppsignals 10 und keinen Zeitzähler zum Erzeugen des Zeitmeßsignals aufweist. Als eine weitere Alternative kann, das Synchronisationssignal auch von einem gegebenenfalls bezüglich der drei Empfangsstationen 3-5 günstig angeordneten nicht dargestellten Transceiver gesendet werden, der erst das von der Empfangsstation 2 ausgesendete Synchronisationssignal 8 empfängt, bei Empfang und Dekodierung dieses Synchronisationssignals 8 erkennt, das er zum Aussenden eines weite-

ren Synchronisationssignals 8 angerufen ist und daraufhin das Synchronisationssignal 8 an die drei Empfangsstationen 3-5 aussendet. Vorteilhaft kann hiermit eine günstigere Position dieses Transceivers zu den drei Empfangsstationen 3-5 ausgewählt werden. Dieser nicht dargestellte Transceiver könnte beispielsweise auch an einigen Objekten 1 vorgenommen sein, wobei jeweils nur derjenige Transceiver eines Objektes von der Empfangsstation 2 aufgerufen wird, dessen Position kurz zuvor bestimmt worden ist. So ist es nämlich erforderlich, die Entfernung des Transceivers zu den drei Empfangsstationen 3-5 zu kennen, um die unterschiedlichen Laufzeiten des Synchronisationssignals 8 zu diesen Empfangsstationen 3-5 nachträglich kompensieren zu können.

[0031] Die Synchronisationssignal-Empfangseinrichtungen in den drei Empfangsstationen 3-5 empfangen nunmehr das Synchronisationssignal 8 nach der entfernungsabhängigen Laufzeit und starten daraufhin unmittelbar ihre Zeitzähler zum Erzeugen des Zeitmeßsignals. Nach einem fest vorgegebenen Zeitintervall, das sich beispielsweise nach der längstmöglichen Laufzeit eines Synchronisationssignals 8 zu der entferntesten Empfangsstation 3, 4 oder 5 bemüht, sendet die Empfangsstation 2 nunmehr über die Auslösesignal-Sendeeinrichtung das Auslösesignal 9 an die Auslösesignal-Empfangseinrichtung des Objektes 1. Das Objekt 1 empfängt dieses Auslösesignal 9 ebenfalls nach einer entfernungsabhängigen Laufzeit und überprüft anhand des in dem Auslösesignal 9 enthaltenen Codes, ob es angesprochen wurde. Im gesamten System können sich beispielsweise sehr viele in ihrer Position zu bestimmende Objekte 1 befinden, wobei sich die Länge des in dem Auslösesignal 9 enthaltenen Objektkodewortes nach der Anzahl dieser Objekte 1 bestimmt. Umgekehrt kann die maximale Objektanzahl auch von vornherein beispielsweise zu 65.000 festgelegt werden. Im letzteren Fall genügt eine Code-Wortlänge von 16 Bit.

[0032] Das angesprochene Objekt 1 sendet nunmehr ebenfalls innerhalb eines definierten Zeitfensters, welches von dem Auslösemittel festgelegt wird, ein Zeitstoppignal 10 aus. Dieses Zeitstoppignal 10 wird ebenfalls nach einer jeweiligen entfernungsabhängigen Laufzeit von den vier Empfangsstationen 2-5 empfangen, wobei dort direkt nach Empfang dieses Zeitstoppsignals 10 die Zeitzähler gestoppt werden. Die bei dem Zeitzähler gestoppte Zeit wird über das in den Empfangsstationen 2-5 befindliche Bestimmungsmittel zum Bestimmen einer Ankunftszeit 11 ausgelesen. Die so bestimmte Ankunftszeit 11 wird anschließend dem Masterrechner 6 übertragen. Der Masterrechner 6 kann beispielsweise auch direkt bei der Empfangsstation 2 vorgesehen sein. Dabei können für die Übertragung der Ankunftszeit 11 diejenigen Sendekanäle verwendet werden, die zum Senden und Empfangen des Synchronisationssignals 8 zwischen den Empfangsstationen 2-5 herangezogen werden. Hierzu können die Synchronisationssignal-Sendeeinrichtung und die Synchronisationssignal-Empfangseinrichtung bei der Empfangsstation 2 bzw. den Empfangsstationen 3-5 als Transceiver ausgebildet sein, welche Signale in beiden Richtungen senden und empfangen können.

[0033] Insgesamt entspricht die bei den einzelnen Empfangsstationen 2-5 gemessene Ankunftszeit 11 also der Differenzzeit bei der jeweiligen Ankunft des Synchronisationssignals 8 bei der jeweiligen Empfangsstation 2-5 (bei der Empfangsstation 2 wird der Zeitzähler beispielsweise unmittelbar nach Aussenden des Synchronisationssignals 8 gestartet) und dem Zeitpunkt der Ankunft des Zeitstoppsignals 10 bei den vier Empfangsstationen 2-5. Diese Differenzzeit sollte – abhängig von der erforderlichen Genauigkeit der Positionsbestimmung – beispielsweise mit einer Genauig-

keit etwa im Nanosekundenbereich ermittelt werden können, um eine vernünftige Positionsauflösung im Meterbereich zu erzielen. So entspricht eine Meßgenauigkeit der Ankunftszeit von einem Nanometer einem Fehler von 30 cm in beiden Richtungen. Um diesen Fehler noch zu verringern, müßte die Auflösung in den Pikosekundenbereich verbessert werden.

[0034] Der mit den Empfangsstationen 2-5 gekoppelte Masterrechner 6 berechnet nunmehr die Position des Objektes 1 anhand der vier Ankunftszeiten 11 (Differenzzeit zwischen Ankunft des Zeitstoppsignals 10 und Abkunft des Synchronisationssignals 8) folgendermaßen: Da die Position der vier Empfangsstationen 2-5 bekannt ist und somit auch die Laufzeit des Synchronisationssignals 8 zwischen der Empfangsstation 2 und den drei Empfangsstationen 3-5 kann nun die tatsächliche Ankunftszeit des Zeitsignals 10 bei den drei Empfangsstationen 3-5 berechnet werden. Hierzu wird von den drei Ankunftszeiten 11 bei diesen drei Empfangsstationen 3-5 jeweils die Laufzeit des Synchronisationssignals 8 von der Empfangsstation 2 zu der jeweiligen Empfangsstation 3-5 subtrahiert.

[0035] Aus den um die Laufzeiten korrigierten Ankunftszeiten läßt sich die Position des Objektes 1 nunmehr wie folgt bestimmen: Es wird zuerst die Menge aller Paare unter den Empfangsstationen 2-5 gebildet und für jedes Paar die Differenz der beiden korrigierten Ankunftszeiten bei den zugehörigen Empfangsstationen berechnet. Genauer gesagt, werden für das dargestellte Ausführungsbeispiel die folgenden Paare gebildet: 2, 3 und 3, 4 und 4, 5 und 5, 2 und 2, 4 und 3, 5. Für das Paar 2, 3 wird anschließend die Differenz der beiden korrigierten Ankunftszeiten bei den Empfangsstationen 2 und 3 gebildet. Aus dieser Differenz der korrigierten Ankunftszeiten kann mathematisch geschlossen werden, daß sich das Objekt 1 auf der Schale eines zweischaligen Rotationshyperboloiden befindet, in dessen beiden Brennpunkten (für jede Schale ein Brennpunkt) jeweils die beiden Empfangsstationen 2 und 3 angeordnet sind. Aus dem Vorzeichen der Differenz der beiden korrigierten Ankunftszeiten kann weiterhin geschlossen werden, welche Schale dieses zweischaligen Rotationshyperboloides auszuwählen ist. So ist die Hyperbel mathematisch gerade definiert, daß von jedem Punkt auf der Hyperbelshale die Differenz der beiden Entfernungen zu den beiden Brennpunkten immer eine Konstante ist, also gerade die Differenz der beiden korrigierten Ankunftszeiten.

[0036] Die in diesem dargestellten Ausführungsbeispiel so bestimmten sechs Rotationshyperbole werden anschließend zum Schnitt gebracht, um die Position des Objektes 1 zu ermitteln. Wie sich aus geometrischen Überlegungen leicht ableiten läßt, werden für die Bestimmung der Position des Objektes 1 in einer Dimension wenigstens zwei Empfangsstationen, in zwei Dimensionen wenigstens drei Empfangsstationen und in drei Dimensionen wenigstens vier Empfangsstationen benötigt, um aus den Schnitten der einzelnen Rotationshyperbole einen Schnittpunkt in dem jeweiligen Dimensionsbereich zu erhalten.

[0037] Aus den nachfolgend dargelegten Gründen wird jedoch eine höhere Anzahl an Empfangsstationen eingesetzt:

– Häufig sind die direkten Übertragungswege für das Zeitstoppignal 10 zwischen dem Objekt 1 und einer der Empfangsstationen 2-5 durch andere Objekte oder Gegenstände abgeschnitten, so daß die bei der entsprechenden Empfangsstation gemessene Ankunftszeit 11 nicht dem direkten Übertragungsweg entspricht oder schlimmstenfalls die Übertragung komplett gestört ist. In diesem Fall kann der Masterrechner 6 über Plausibilitätschecks prüfen, ob die jeweilige Ankunftszeit sinn-

voll ist oder nicht. Beispielsweise können Ankunftszeiten, die über einen gewissem Höchstwert liegen, als unzulässig verworfen werden.

– Insgesamt kann die Genauigkeit der Positionsbestimmung durch eine statistische Mittelung mehrerer ermittelter Schnittpunkte erhöht werden. Hierzu werden in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zum Beispiel drei Dreiergruppen an Empfangsstationen 2–5 gebildet, 2, 3, 4 und 3, 4, 5 und 5, 2, 3 und für jede Dreiergruppe ein Schnittpunkt ermittelt. Die so erhaltenen drei Schnittpunkte der drei Dreiergruppen werden anschließend beispielsweise gemittelt.

– Für die numerische Bestimmung des Schnittpunktes der einzelnen Rotationshyperboloiden ist es zweckmäßig, wenn die Tangentialflächen der Rotationshyperboloiden im Schnittpunkt möglichst orthogonal zueinander stehen (Vermeidung von schleifenden Schritten). Dann lassen sich numerisch ziemlich genau die Schnittpunkte ermitteln. Hierzu ist es jedoch erforderlich, die Empfangsstationen 2–5 entsprechend anzutragen. Da dies bei den meisten zu überwachenden Terrains häufig nicht möglich sein wird, kann die Anzahl der Empfangsstationen erhöht werden, so daß abhängig von der Position des Objektes 1 sich immer die mindestens erforderliche Anzahl an Empfangsstationen findet, die eine möglichst optimale Konstellation der Rotationshyperboloiden zueinander liefert.

[0038] Der Masterrechner 6 kann nunmehr den zeitlichen Ablauf der Positionen des Objektes 1 in einer Datenbank des Servers 7 speichern und diese gespeicherten Daten anschließend für spezielle Anwenderprogramme zur Verfügung stellen. So können beispielsweise im Sporthbereich die Spielerbewegungen auf dem Spielfeld analysiert werden, etc.

[0039] Zusätzlich können Datenverbindungen zwischen den Empfangsstationen 2–5 und dem Objekt 1 über entsprechende nicht gesondert dargestellte Daten-Sendeeinrichtungen und Daten-Empfangseinrichtungen aufgebaut werden. Hierüber können entweder dem Objekt 1 bestimmte Informationen zur Steuerung (bei Robotern, etc.) übertragen werden oder von dem Objekt 1 zusätzlich aufgenommene Informationen dem Masterrechner 6 übermittelt werden. Solche Informationen können beispielsweise die Pulsfrequenz, der Blutdruck, der Hautwiderstand von Personenobjekten, ein Feldstärkesignal für zu vermessenden Handy-Smog, ein Geschwindigkeitssignal, Information über weitere Cockpit-Daten im Auto-Motor-Sport, etc..

[0040] Der Zeitzähler kann beispielsweise ein TDC (Time Digital Converter) mit einer Auflösung im Pikosekundenbereich sein, der in Antwort auf ein entsprechendes Start-Stopp-Signal ein genaues Zeitdifferenzsignal liefert. Die Sendeinrichtung des Objektes 1 kann so ausgebildet sein, daß sie als Zeitstoppsignal 10 eine Impulsfolge mit scharfer Impulsantwort oder allgemein ein Signal mit charakteristischen Eigenschaften aussendet, die einer in der Zeit möglichst eindeutig definierten Punktlieferung, an dem die Zeitzähler in den einzelnen Empfangsstationen 2–5 gestoppt werden sollen. Grundsätzlich ist für eine scharfe Impulsantwort ein breites Frequenzband erforderlich, da ein in der Zeit scharf abgegrenztes Ereignis lediglich aus einer Überlagerung von vielen Wellenzügen mit verschiedenen Frequenzen gebildet werden kann. Bei der zur Verfügung stehenden Bandbreite beispielsweise der ISM-Bänder ist hier sicherlich ein Kompromiß erforderlich. Wie bereits erwähnt, könnten zum Vermeiden dieser technischen Grenzen bei bestimmten Anwendungen insbesondere Lichtsignale zum Einsatz kommen, da diese eine sehr hohe Bandbreite haben.

[0041] Die Datenübertragung zwischen den Empfangssta-

tionen 2–5 und dem Masterrechner kann über einen bidirektionalen Datenkanal stattfinden, wie einer Kabelverbindung, einer Lichtübertragungsstrecke oder einer gängigen Funkverbindung (Wavelan, Hiperlan, etc.). Der Datenaustausch zwischen dem Masterrechner 6 und dem Server 7 kann über eine herkömmliche Kabelverbindung (zum Beispiel Fast Ethernet, etc.) erfolgen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen der Position eines Objektes (1), bei welchem:

- von dem Objekt (1) ein Zeitstoppignal (10) an wenigstens zwei, räumlich voneinander beabstandete Empfangsstationen (2–5) gesendet wird,
- bei jeder Empfangsstation (2–5) ein Zeitmeßsignal erzeugt wird, wobei die Zeitmeßsignale untereinander synchronisiert werden,
- bei jeder Empfangsstation (2–5) bei Empfang des Zeitstoppsignals (10) aus dem Zeitmeßsignal eine Ankunftszeit (11) für das empfangene Zeitstopp-Signal (10) bestimmt wird, und
- aus den Positionen der Empfangsstationen (2–5) und den Ankunftszeiten (11) die Position des Objektes (1) bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem für die Bestimmung der Position eines Objektes (1) auf einer eindimensionalen Kurve wenigstens zwei Empfangsstationen (2–5) verwendet werden und für jede weitere Dimension wenigstens eine weitere von den anderen Empfangsstationen (2–5) beabstandete Empfangsstation (2–5) verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem die Position des Objektes (1) aus den paarweisen Differenzen von jeweils zwei Ankunftszeiten (11) zweier Empfangsstationen (2–5) bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei welchem für die Bestimmung der Position des Objektes (1) in einer Ebene, in der auch die Empfangsstationen (2–5) liegen, oder auf einer gekrümmten Raumkurve, die in einer Ebene mit den Empfangsstationen (2–5) liegt, die Position aus den Schnittpunkten von Hyperbeln bestimmt wird, wobei jeweils eine Hyperbel zwei Empfangsstationen (2–5) zugeordnet ist, die derart ausgerichtet und angeordnet ist, daß von jedem Punkt auf der Hyperbel die Differenz der beiden Entfernungen jeweils von dem Punkt zu den beiden zugeordneten Empfangsstationen (2–5) immer gleich der paarweisen Differenz der beiden Ankunftszeiten (11) bei den beiden Empfangsstationen (2–5) entspricht.

5. Verfahren nach Anspruch 3, bei welchem für eine dreidimensionale Positionsbestimmung oder eine Bestimmung der Position auf einer allgemeinen Raumfläche die Position aus den Schnittpunkten von Hyperboloiden bestimmt wird, wobei jeweils ein Hyperboloid zwei Empfangsstationen (2–5) zugeordnet ist, der derart ausgerichtet und angeordnet ist, daß von einem Punkt auf dem Hyperboloid die Differenz der beiden Entfernungen jeweils zu den beiden zugeordneten Empfangsstationen (2–5) immer gleich der paarweisen Differenz der beiden Ankunftszeiten (11) bei den beiden Empfangsstationen (2–5) entspricht.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei welchem zusätzlich zu der mindestens erforderlichen Anzahl an Empfangsstationen (2–5) weitere Empfangsstationen (2–5) verwendet werden, die so zueinander angeordnet sind, daß bei Abschattungen in den Übertragungswegen von dem Objekt (1) zu einzelnen

Empfangsstationen (2-5) immer wenigstens die mindestens erforderliche Anzahl an empfangsfähigen Empfangsstationen (2-5) vorliegt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei welchem ferner weitere Empfangsstationen (2-5) verwendet werden und die Position aus allen Ankunftszeiten (11) mittels statistischer Auswertungen bestimmt wird. 5

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei welchem bei der statistischen Auswertung über Plausibilitäts-test ausgewählte Ankunftszeiten (11) für die Positionsbestimmung verworfen werden. 10

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Empfangsstationen (2-5) in ihrer Position verfahren werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei welchem die Positionen der verfahrbaren Empfangsstationen (2-5) über ein Satelliten-Positionierungssystem, wie GPS bestimmt werden. 15

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem den Empfangsstationen (2-5) vor jeder Positionsbestimmung ein Synchronisationssignal (8) zum Synchronisieren der einzelnen Zeitmeßsignale übertragen wird. 20

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei welchem die Empfangsstationen (2-5) bei Empfang des Synchronisationssignals (8) den Zeitzähler zum Erzeugen des Zeitmeßsignals starten. 25

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem dem Objekt (1) ein Auslösesignal (9) zum Auslösen des Sendens des Zeitstoppsignals (10) übertragen wird. 30

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei welchem das Zeitstoppignal (10) von dem Objekt (1) innerhalb eines definierten Zeitfensters nach Empfang des Auslösesignal (9) gesendet wird. 35

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, bei welchem das Synchronisationssignal (8) eine bestimmte Zeit vor dem Auslösesignal (9) übertragen werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, bei welchem das Synchronisationssignal (8) und/oder das Auslösesignal (9) von einer der Empfangsstationen (2-5) übertragen wird. 40

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, bei welchem das Synchronisationssignal (8) und/oder das Auslösesignal (9) von einer separaten Steuerungsstation übertragen wird, die räumlich günstig positioniert ist. 45

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, bei welchem das Synchronisationssignal (8) von einem Objekt (1) nach Empfang eines entsprechenden Auslösesignal (9) übertragen wird, dessen Position zuvor bestimmt wurde. 50

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, bei welchem bei der Positionsbestimmung unterschiedliche Laufzeiten des Synchronisationssignals (8) zu den einzelnen Empfangsstationen (2-5) berücksichtigt werden. 55

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem das Zeitstoppignal (10) eine Impulgruppe mit scharfer Impulsantwort oder ein Signal mit charakteristischer Eigenschaft umfaßt. 60

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem das Auslösesignal (9) einen Code umfaßt, mit dem ein bestimmtes Objekt (1) unter mehreren Objekten zum Senden des Zeitstoppsignals (10) ausgewählt wird, dessen Position anschließend bestimmt, werden soll. 65

22. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, bei welchem von dem Objekt (1) weitere Daten zu einer der Empfangsstationen (2-5) und/oder der Steuerungsstation gesendet werden.

23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem dem Objekt (1) weitere Daten von einer der Empfangsstationen (2-5) und/oder der Steuerungsstation gesendet werden.

24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 5, bei welchem das Synchronisationssignal (8) per Funk, Licht und/oder Kabel zu den Empfangsstationen (2-5) übertragen wird.

25. Anordnung zum Bestimmen der Position eines Objektes (1), mit:

a) einer an dem Objekt (1) angeordneten Sendeeinrichtung zum Senden eines Zeitstoppsignals (10);

b) wenigstens zwei räumlich von einander beabstandeten Empfangsstationen (1-5) zum Empfangen des von der Sendeeinrichtung gesendeten Zeitstoppsignals (10), wobei jede Empfangstation (2-5) folgendes aufweist:

b1) einen Zeitzähler zum Erzeugen eines Zeitmeßsignals, die untereinander synchronisiert werden, und

b2) ein Bestimmungsmittel zum Bestimmen einer Ankunftszeit (11) aus dem Zeitmeßsignal bei Ankunft des Zeitstoppsignals (10); und

e) einer Berechnungseinrichtung (6) zum Bestimmen der Position des Objektes (1) aus den Positionen der Empfangsstationen (2-5) und den Ankunftszeiten (11).

26. Anordnung nach Anspruch 25, welche ferner derart ausgestaltet ist, daß für die Bestimmung der Position eines Objektes (1) auf einer eindimensionalen Kurve wenigstens zwei Empfangsstationen (2-5) vorgesehen sind und für jede weitere Dimension wenigstens eine weitere von den anderen Empfangsstationen (2-5) beabstandete Empfangsstation (2-5) vorgesehen ist.

27. Anordnung nach Anspruch 25 oder 26, bei welcher die Berechnungseinrichtung (6) derart ausgestaltet ist, daß sie die Position des Objektes (1) aus den paarweisen Differenzen von jeweils zwei Ankunftszeiten (11) zweier Empfangsstationen (2-5) bestimmt.

28. Anordnung nach Anspruch 27, bei welcher die Berechnungseinrichtung (6) für eine zweidimensionale Positionsbestimmung derart ausgestaltet ist, daß sie für die Bestimmung der Position des Objektes (1) in einer Ebene, in der auch die Empfangsstationen (2-5) liegen, oder auf einer gekrümmten Raumkurve, die in einer Ebene mit den Empfangsstationen (2-5) liegt, die Position aus den Schmittpunkten von Hyperbeln bestimmt, wobei jeweils eine Hyperbel zwei Empfangsstationen (2-5) zugeordnet ist, die derart ausgerichtet und angeordnet ist, daß von jedem Punkt auf der Hyperbel die Differenz der beiden Entfernung jeweils von dem Punkt zu den beiden zugeordneten Empfangsstationen (2-5) immer gleich der paarweisen Differenz der beiden Ankunftszeiten (11) bei den beiden Empfangsstationen (2-5) entspricht.

29. Anordnung nach Anspruch 27, bei welcher die Berechnungseinrichtung (6) für eine dreidimensionale Positionsbestimmung oder eine Bestimmung der Position auf einer allgemeinen Raumfläche derart ausgestaltet ist, daß sie die Position aus den Schmittpunkten von Hyperboloiden bestimmt, wobei jeweils ein Hyperboloid zwei Empfangsstationen (2-5) zugeordnet

ist, der derart ausgerichtet und angeordnet ist, daß von einem Punkt auf dem Hyperboloiden die Differenz der beiden Entferungen jeweils zu den beiden zugeordneten Empfangsstationen (2-5) immer gleich der paarweisen Differenz der beiden Ankunftszeiten (11) bei den beiden Empfangsstationen (2-5) entspricht. 5

30. Anordnung nach einem der Ansprüche 26 bis 29, welche ferner derart ausgestaltet ist, daß zusätzlich zu der mindestens erforderlichen Anzahl an Empfangsstationen (2-5) weitere Empfangsstationen (2-5) vorgesehen sind, die so zueinander angeordnet sind, daß bei Abschattungen in den Übertragungswegen von dem Objekt (1) zu einzelnen Empfangsstationen (2-5) immer wenigstens die mindestens erforderliche Anzahl an empfangsfähigen Empfangsstationen (2-5) vorliegt. 10

31. Anordnung nach Anspruch 30, welche ferner derart ausgestaltet ist, daß noch weitere Empfangsstationen (2-5) vorgesehen sind, wobei die Berechnungseinrichtung (6) derart ausgestaltet ist, daß sie die Position aus allen Ankunftszeiten (11) mittels statistischer Auswertungen bestimmt. 15

32. Anordnung nach Anspruch 31, bei welcher die Berechnungseinrichtung (6) derart ausgestaltet ist, daß sie ausgewählte Ankunftszeiten (11) für die Positionsbestimmung bei der statistischen Auswertung über Plausibilitäts-test verwirft. 20

33. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche in ihrer Position verfahrbare Empfangsstationen (2-5) umfaßt. 25

34. Anordnung nach Anspruch 33, bei welchem die verfahrbaren Empfangsstationen (2-5) Satelliten-Positionierungssysteme, wie GPS-Empfänger aufweisen, mit deren Hilfe ihre Position bestimmt wird. 30

35. Anordnung nach einem der Ansprüche 25 bis 34, welche eine Synchronisationsignal-Übertragungseinrichtung zum Senden eines Synchronisationssignals (8) an die Empfangsstationen (2-5) umfaßt, mit dem die Zeitzähler zum Erzeugen der Zeitmeßsignale synchronisiert werden. 35

36. Anordnung nach Anspruch 35, bei welcher die Empfangsstationen (2-5) eine Synchronisationsignal-Empfangseinrichtung zum Empfangen des Synchronisationssignals (8) sowie ein Startmittel zum Starten der Erzeugung des Zeitmeßsignals bei Empfang des Synchronisationssignals (8) aufweisen. 40

37. Anordnung nach einem der Ansprüche 25 bis 36, bei welcher das Objekt (1) eine Auslösesignal-Empfangseinrichtung zum Empfangen eines Auslösesignals (9) sowie ein Auslösemittel zum Auslösen des Sendens des Zeitstoppsignals (10) nach Empfang des Auslösesignals (9) aufweist. 45

38. Anordnung nach Anspruch 37, bei welcher das Auslösemittel derart ausgestaltet ist, daß es das Senden des Zeitstoppsignals (10) innerhalb eines definierten Zeitfensters nach Empfang des Auslösesignals (9) auslöst. 50

39. Anordnung nach Anspruch 37 oder 38, welche ferner eine Auslösesignal-Sendeeinrichtung zum Senden des Auslösesignals (9) und eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Auslösesignal-Sendeeinrichtung und der Synchronisationsignal-Sendeeinrichtung umfaßt, wobei das Steuerungsmittel die Auslösesignal-Sendeeinrichtung und die Synchronisationsignal-Sendeeinrichtung derart steuert, daß das Auslösesignal (9) und das Synchronisationsignal (8) im wesentlichen gleichzeitig übertragen werden. 55

40. Anordnung nach Anspruch 39, bei welcher eine der Empfangsstationen (2-5) die Auslösesignal-Sende- 60

einrichtung, die Synchronisationsignal-Übertragungseinrichtung und die Steuerungseinrichtung umfaßt. 41. Anordnung nach Anspruch 39, bei welcher eine separate Steuerungsstation vorgesehen ist, welche die Auslösesignal-Sendeeinrichtung, die Synchronisationsignal-Übertragungseinrichtung, die Steuerungseinrichtung und die Berechnungseinrichtung umfaßt. 42. Anordnung nach Anspruch 39, bei welcher eines von mehreren Objekten (1) die Synchronisationsignal-Übertragungseinrichtung umfaßt. 43. Anordnung nach einem der Ansprüche 35 bis 42, bei welchem die Berechnungseinrichtung derart ausgestaltet ist, daß sie bei der Positionsbestimmung unterschiedliche Laufzeiten des Synchronisationssignals (8) zu den einzelnen Empfangsstationen (2-5) berücksichtigt. 44. Anordnung nach einem der Ansprüche 25 bis 43, bei welcher die Sendeeinrichtung einen Impulsformer zum Ausbilden des Zeitstoppsignals (10) als eine Impulsgruppe mit scharfer Impulsantwort oder als ein Signal mit charakteristischer Eigenschaft aufweist. 45. Anordnung nach einem der Ansprüche 25 bis 44, bei welcher die Auslösesignal-Sendeeinrichtung ferner ein Codiermittel und die Auslösesignal-Empfangseinrichtung ein Decodiermittel zum Codieren/Decodieren eines im Auslösesignal (9) enthaltenen Codes umfaßt, mit dem ein bestimmtes Objekt (1) unter mehreren Objekten zum Senden des Zeitstoppsignals (10) ausgewählt wird, dessen Position anschließend bestimmt werden soll. 46. Anordnung nach einem der Ansprüche 25 bis 45, bei welchem das Objekt (1) ferner eine erste Daten-Sendeeinrichtung zum Senden weiterer Daten vom Objekt (1) zu einer an einer der Empfangsstationen (2-5) vorgesehenen ersten Daten-Empfangseinrichtung umfaßt. 47. Anordnung nach einem der Ansprüche 25 bis 46, bei welchem eine der Empfangsstationen (2-5) ferner eine zweite Daten-Sendeeinrichtung zum Senden weiterer Daten an eine beim Objekt (1) vorgesehenen zweiten Daten-Empfangseinrichtung umfaßt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

